

для улучшения транспорта шлама в затрубном пространстве при низкой скорости циркуляции [7]. Также рекомендуется использовать синтетические, но не нефтяные смазки для предотвращения прихватов инструмента и применять герметизаторы порового пространства для предупреждения проникновения фильтрата в пласт.

Стоит обратить внимание, что необходимо учитывать экологический статус региона, поэтому буровые растворы типа «Катбурр» должны быть модифицированы биоразлагаемыми реагентами. Однако в качестве базовой рецептуры необходимо использовать воду с минерализацией до 15 г/л для повышения ингибирующих способностей бурового раствора для избежания дополнительных химических затрат.

Геолого-технические особенности Калининградской области, обусловленные осадочным генезисом пород Балтийской синеклизы и влиянием четвертичного оледенения, требуют применения буровых растворов с высоким ингибирующим потенциалом и контролируемыми реологическими свойствами. Использование буровых растворов типа «Катбурр» с некоторыми модификациями обеспечит сохранение устойчивости ствола скважины, соблюдение экологических норм региона и повысит эффективность бурения.

Литература:

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации / М-во природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации, Федер. агентство по недропользованию, Федер. гос. унитар. предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт имени А. П. Карпинского» (ФГУП «ВСЕГЕИ»). – Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). – Сер. Центр.-Европ. – Л. N 34. – СПб. : Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2011.
2. Курбанов, Х. Н. Поликатионные буровые растворы для строительства скважин в сложных горно-геологических условиях / Х. Н. Курбанов, Д. Р. Валеев // Ломоносов-2020 : материалы Междунар. науч. форума (секция «Разработка месторождений нефти и газа»), Москва, 2020 г. / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2020.
3. Минеев, А. В. Аварии и осложнения при бурении нефтяных и газовых скважин / А. В. Минеев, Е. Е. Милосердов, А. С. Мамышев // Наука и современность. – 2013. – № 22.
4. Самадов, А. Х. Применение ингибированных буровых смесей для поддержания прочности скважины / А. Х. Самадов, Э. С. Мирзаев // Экономика и социум. – 2021. № 4–2 (83).
5. Давлетбердина, И. Б. Ингибирующие буровые растворы / И. Б. Давлетбердина // Роль инноваций в трансформации современной науки. – 2016. – С. 52–54.
6. Лаврентиади, Ю. С. Повышение экологичности технологических жидкостей, применяемых для бурения скважин / Ю. С. Лаврентиади, Е. Л. Леушева // Недропользование. – 2023. – № 1.
7. Зайнуллина, А. Ш. Исследование реологических параметров бентонита в буровых растворах / А. Ш. Зайнуллина, Ф. Б. Сиденова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2018. – №. 4. – С. 97–101.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СТАЦИОНАРНОГО РОБОТА С ШЕСТЬЮ СТЕПЕНЯМИ ПОДВИЖНОСТИ

Д. В. Лацык

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Представлен анализ изучения рабочей зоны стационарного робота с шестью степенями подвижности.

Ключевые слова: рабочее пространство робота, графический метод решения, аналитический метод решения.

Данная задача может решаться двумя способами:

1. Графический метод решения. Рабочее пространство робота – это область пространства, в которой может находиться его рабочий орган (схват, инструмент) при функционировании всех степеней подвижности. Конфигурация и размеры рабочей зоны являются одними из ключевых характеристик при проектировании робототехнических комплексов, так как определяют возможность выполнения технологических операций и компоновку оборудования.

Рабочее пространство формируется на основе кинематической схемы робота, которая описывает взаимосвязь между сочленениями и звеньями. В данной работе рассматривается робот с кодовым обозначением ОСВААВС, где каждая буква соответствует определенному типу кинематической пары в порядке от основания к рабочему органу.

В робототехнике приняты следующие обозначения:

О – основание; A, B, C – повороты вокруг осей X, Y, Z соответственно.

Структура ОСВААС соответствует роботу с шестью степенями свободы, у которого все сочленения вращательные. Такая кинематика обеспечивает высокую гибкость и маневренность, позволяя рабочему органу достигать точек в пространстве под различными углами.

Для определения рабочего пространства робота с кинематической схемой ОСВААВС используется графический метод построения огибающих линий. Суть метода заключается в последовательном определении зон достижимости каждого звена относительно предыдущего с учетом всех степеней подвижности.

Построим структурную схему (рис. 1) в плоскостях ZY, ZX и XY с учетом конструктивных размеров.

Длины звеньев: $l_1 = 200$ мм, $l_2 = 300$ мм, $l_3 = 200$ мм, $l_4 = 100$ мм, $l_5 = 50$ мм, $l_6 = 50$ мм, $l_7 = 50$ мм.

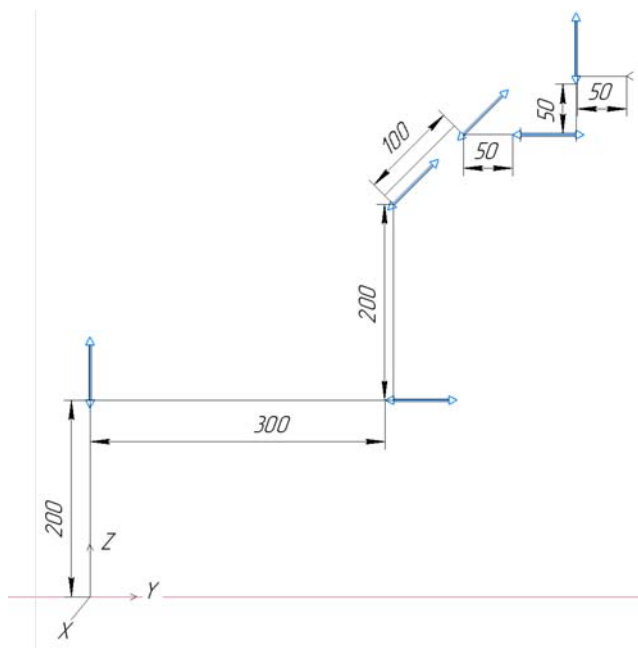


Рис. 1. Структурная схема робота

Вид сбоку (плоскость ZY) – определяется проекция рабочей зоны на фронтальную плоскость (рис. 2). Для этого из точек оси поворотных вокруг оси X звеньев проводится окружность радиусом, равным максимально дальнему положению манипулятора относительно этой точки.

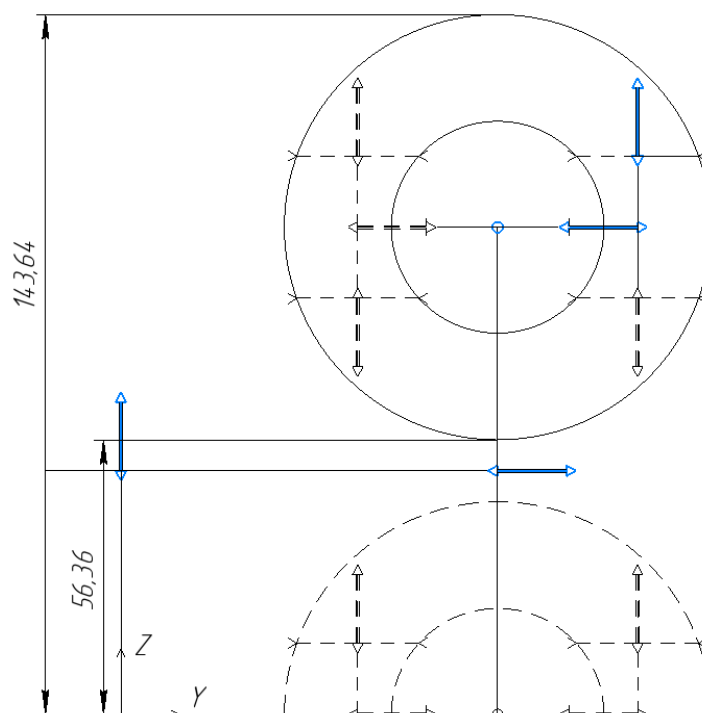


Рис. 2. Проекция схемы на ZY

Вид сверху (плоскость XY) – делается аналогично виду сбоку. Далее добавляем на этот вид рабочую зону с вида сбоку для отображения всей рабочей области (рис. 3).

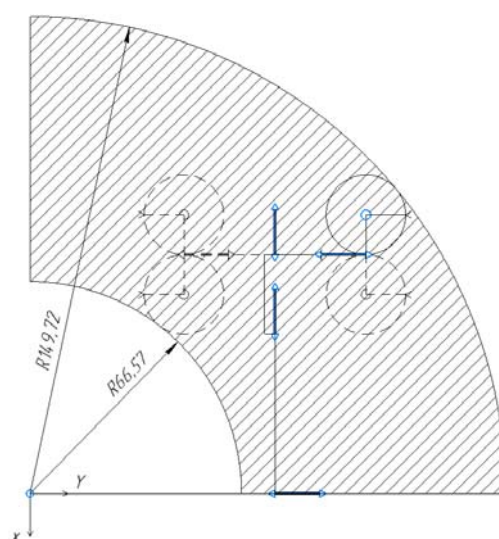


Рис. 3. Проекция рабочего пространства на XY

Для наглядности возьмем другой код.

По исходным данным имеется код робота: *ОСААВАС*. По данному коду формируем структурную схему робота (рис. 4), учитывая размеры $l_1 = 200$ мм, $l_2 = 300$ мм, $l_3 = 200$ мм, $l_4 = 100$ мм, $l_5 = 50$ мм.

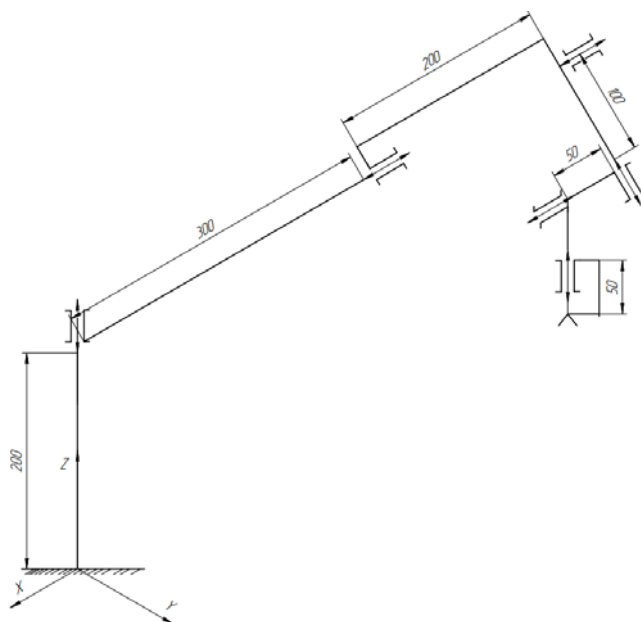


Рис. 4. Структурная схема робота

Таким образом, в зависимости от кода кинематических пар сам робот и его рабочая зона будут кардинально изменяться, также стоит отметить достоинства и недостатки графического метода, который позволяет определить рабочее пространство в целом, но не дает определить положение и расположение схвата руки робота в системе координат робота (рис. 5, 6).

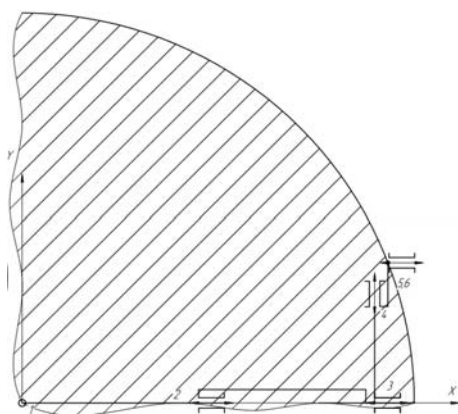


Рис. 5. Робот в плоскости YX

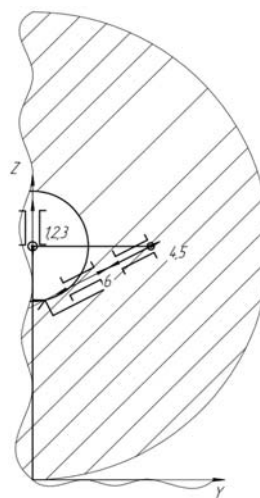


Рис. 6. Робот в плоскости ZY

Для того чтобы найти какое-то определенное положение руки, мы должны использовать второй метод:

2. Аналитический метод решения. Для решения этим методом нам нужно решить прямую задачу расчета положения и расположения системы схвата робота относительно системы самого робота, найти матрицу положений схвата робота.

Принимаем все управляемые координаты равными 30° :

$$[A] = [A_3(l_1)][A_6(\gamma)][A_2(l_2)][A_5(\beta)][A_3(l_3)][A_4(\alpha)][A_1(l_4)][A_4(\alpha)][A_2(l_5)] \times \\ \times [A_4(\beta)][A_3(l_6)][A_4(\gamma)].$$

Объединим матрицы по парам:

$$[A_{06}] = [A_{01}][A_{12}][A_{23}][A_{34}][A_{45}][A_{56}];$$

$$[A_{01}] = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [A_{12}] = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -l_2 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[A_{23}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & -l_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [A_{34}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -l_4 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[A_{45}] = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -l_5 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad [A_{56}] = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -l_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Найдем матрицу положений и расположений $[A_{06}]$ и, подставив в нее начальные данные, получим:

$$[A_{06}] = \begin{bmatrix} 0,688 & 0,57 & 0,325 & -281,623 \\ -0,325 & -0,354 & 0,938 & -143,914 \\ 0,65 & -1,025 & 0,125 & -321,979 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

В заключение можно отметить, что данный метод, как говорилось ранее, хорош тем, что благодаря ему мы найдем положение и расположение схвата в системе координат робота.